

PTL

JAOSTO 60 - SILLAT JA LAUTAT

SILTOJEN PÄÄTYTUKIEN
SUUNNITTELUA JA RAKENTAMISTA
KOSKEVA SUOSITUS

624.2
SILTOJEN



PTL

Jaosto 60 - Sillat ja lautat

SILTOJEN PÄÄTYTUKIEN SUUNNITTELUA JA RAKENTAMISTA
KOSKEVA SUOSITUS

Alkuperäinen suositus: NVF, udvalg 60-broer og faerger,
Fællesrapport om endeunderstøt-
ninger i vejddæmninger, 1974

1.	JOHDANTO	1
1.1	Alusrakenneryhmän kokoonpano	1
1.2	Tavoitteet ja alustavat tutkimukset	2
1.3	Suositus ja kansalliset liitteet	3
2.	YLEISET SUUNNITTELUA JA RAKENTAMISTA KOSKEVAT SUOSITUKSET	5
2.1	Toimintavaatimukset	5
2.2	Suunnitteluperiaatteet ja käyttöalat	5
2.3	Kuormitukset	6
2.4	Muodonmuutokset	6
2.5	Penkereen rakentamista koskevat yleiset vaatimukset	7
3.	PENKEREEN VARAAN PERUSTETTU PÄÄTYTUKI	10
3.1	Rakenne ja laatuvaatimukset	10
3.2	Vakavuus- ja kantavuustarkastelu	10
3.3	Painumatarkastelu	11
4.	PENKEREEN YLÄOSAAN ULOTTUVIEN PAALUJEN VARAAN PERUSTETTU PÄÄTYTUKI (PAALUTUKI)	12
4.1	Rakenne, toiminta ja laatuvaatimukset	12
4.2	Kantavuustarkastelu	12
4.3	Vaakasuorien siirtymien laskeminen	13
5.	POHJAMAAN VARAAN PERUSTETTU PÄÄTYTUKI (PILARITUKI)	14
5.1	Rakenne ja sen toiminta	14
5.2	Vaakasiirtymien laskeminen ja kantavuus- tarkastelu	14
6.	LIITTEET	
6.1	Kuvat 1 - 4	16
6.2	Kuva 5. Pengermateriaalin lujuus- ja muodonmuutosparametrit	17

1. JOHDANTO

1.1 Alusrakenneryhmän kokoonpano

Pohjoismaiden Tieteknillisen Liiton jaosto n:o 60 sillat ja lautat, päätti Kalmarissa 18 elokuuta 1970 pitämässään neljännessä kokouksessa asettaa työryhmän tutkimaan siltojen kevennettyjä päätytukiratkaisuja. Tätä työryhmää kutsutaan seuraavassa alusrakenneryhmäksi.

Alusrakenneryhmä sai seuraavan kokoonpanon:

Ruotsista: Överingeniör U. Müllersdorf
Direktör P. Selberg

Suomesta: Diplomi-insinööri K. Falck
Diplomi-insinööri H. Manner

Norjasta: Överingeniör R. Klinge
Civilingeniör T. Aaberge

Tanskasta: Överingeniör H.G. Kjaer, puheenjohtaja
Afdelningsingeniör P. Avnström

Tanska on hoitanut alusrakenneryhmän sihteerin tehtävät. Näitä tehtäviä on edellä mainittujen Tanskan edustajien lisäksi hoitanut akademiingeniör G.S. Berggreen.

Alusrakenneryhmän kokoonpano on myöhemmin muuttunut seuraavaksi:

Ruotsista: Teknisk direktör K.E. Bowin
Civilingeniör T. Lundqvist

Suomesta: Diplomi-insinööri K. Falck
Diplomi-insinööri M. Kuusivaara

Norjasta: Överingeniör R. Klinge
Institutingeniör L. Grande

Tanskasta: Overingeniör H.G. Kjaer, puheenjohtaja
Afdelningsingeniör P. Avnström
Civilingeniör H.H. Gotfredsen, sihteeri

1.2 Tavoitteet ja alustavat tutkimukset

Jaosto n:o 60 asetti kokouksessaan tammikuun 13. päivänä 1971 alusrakenneryhmän työlle seuraavat tavoitteet:

1. Alusrakenneryhmän tehtäväkenttänä on
 - a) Penkereen varaan perustettu päätytuki
 - b) Penkereen yläosaan ulottuvien paalujen varaan tuettu päätytuki
 - c) Pohjamaan varaan perustettu päätytuki
 - d) Penkereen alaosaan päättyvien paalujen varaan tuettu päätytuki
2. Näille periaatteeltaan erilaisille päätytuille a - d laaditaan vaihtoehtoisia rakenneratkaisuja. Rakenneratkaisut esitetään seuraavasti:
 - toiminta (riskitekijät, varmuus ja soveltuvuus)
 - laskentaperusteet
 - rakentaminen
 - materiaalit
 - taloudellisuus
3. Laadittujen rakenneratkaisujen käyttökelpoisuus arvostellaan ja pyritään antamaan niiden rakentamista koskevia suosituksia.
4. Siinä määrin kuin katsotaan tarpeelliseksi pyritään suorittamaan tehtävän suorittamisen edellyttämiä tutkimuksia.
5. Alusrakenneryhmän tulee työnsä aikana informoida jaostoa 60 työnsä tuloksista ja pyrkiä esittämään suosituksensa 1 - 1 1/2 vuoden kuluttua.

Alusrakenneryhmä katsoi, että päätytukityyppi d, "Penkereen alaosaan päättyvien paalujen varaan perustettu päätytuki", on erikoistapaus päätytukityypistä c. Tämän johdosta tätä tyyppiä ei ole käsitelty erillisenä ratkaisuna.

Alusrakenneryhmä valitsi tutkimustensa kohteeksi tyypillisen keskikokoisen tiesillan, jännevälit 2 x 30 m ja vapaa korkeus tasaisen maaston yläpuolella 6 m. Sillan hyötyleveydeksi valittiin 10 m.

Koska pääongelmat liittyvät penkereen ja sen alla olevan perusmaan ominaisuuksiin ja koska penkereessä olevien perustusten kantavuuden arvostelussa käytössä olevat laskentamenetelmät eivät ole täysin tyydyttäviä, otettiin yhteys Norjan ja Tanskan geoteknillisiin tutkimuslaitoksiin tarkoituksena saada tarkempia tietoja tästä aiheesta. Lisäksi asetti Tanskan tiehallitus työryhmän laatimaan ehdotuksia maarakenteiden muodonmuutosten mittaamiseksi ja kirjaamiseksi sekä kokoamaan olemassa olevaa aineistoa ja tietoa. Tämä työ saatiin päätökseen keväällä 1973 ja työn tuloksista laadittiin raportti toukokuussa 1973.

Alusrakenneryhmä on laatiessaan suosituksiaan eri päätytükityypeille pitänyt toivottavana sitä, että päätytükirakenteiden korkeustaso voitaisiin valita vapaasti mm. sen vuoksi, että pengerrys- ja siltatöiden ajoitus voitaisiin suunnitella joustavasti. Alusrakenneryhmän käsitys on, että määrätyissä tapauksissa voidaan saavuttaa suoranaista taloudellista hyötyä käyttämällä penkereen yläosaan sijoitettuja päätytükityyppejä. Tarkasteltaessa 2 - jänteiselle sillalle sallittavia painumia on osoittautunut, että tämäntapaiselle sillalle voidaan vaikeuksitta sallia tukien painumia, jotka ovat suuruudeltaan 30 - 50 mm. Tästä johtuen penkereen kantavuus tulee olemaan määrävänä tekijänä penkereen materiaali- ja tiivistysvaatimuksia ajatellen.

1.3 Suositus ja kansalliset liitteet

Tämä suositus on tarkoitettu kunkin maan laatiman liitteen johdannoksi. Liitteet sisältävät, toisin sa-

noen, päätytukien yksityiskohtaisemmat tarkastelut sekä kussakin maassa noudatettavaan käytäntöön liittyvät laskentamenetelmät.

2. YLEISET SUUNNITTELUA JA RAKENTAMISTA KOSKEVAT SUOSITUKSET

2.1 Toimintavaatimukset

Päätytuki on suunniteltava siten, että

- se siirtää kaikki sillalta tulevat kuormat penkereelle ja/tai alla olevalle perusmaalle ja samalla tukee penkereen pään
- sekä maan että itse rakenteen varmuus murtumista vastaan on riittävä
- muodonmuutokset käyttötilassa ja myöskin tukien painumaerot pysyvät sallituissa rajoissa
- rakenne täyttää koko käyttöaikanaan edellä mainitut vaatimukset jäätymisen ja eroosion vaikutus, kunnossapito, laakerien vaihto yms. tekijät huomioon ottaen.

2.2 Suunnitteluperiaatteet ja käyttöalueet

Tämän otsikon alla käsitellään seuraavia kolmea päätytukityyppiä.

- A Penkereen varaan perustettu päätytuki
- B Penkereen yläosaan ulottuvien paalujen varaan perustettu päätytuki (paalutuki).
- C Pohjamaan varaan perustettu päätytuki (pilarituki)

Kuvissa 1, 2, 3 ja 4 on esitetty näiden rakenneratkaisujen periaatteet em. siltatyypin 2 x 30 m tapauksessa. Kuvat 2 ja 3 esittävät tapausta B, jossa päätytuki on perustettu lyönti- ja kaivinpaaluille.

Näiden kolmen rakenneratkaisun käyttöalueita ei voida yleispätevästi määritellä. Rakenneratkaisun valintaan vaikuttavat mm. seuraavat seikat:

1. Perusmaan ominaisuudet
2. Penger materiaalin ominaisuudet
3. Sillan geometria
4. Kuormitusten ja painumien suuruus

5. Rakenteen muodonmuutoskyky
6. Sillan päällysrakenteen rakennusaine
7. Rakentamisedellytykset
8. Rakentamisen ajankohta (vuodenaika, sillanrakennus- ja pengerrrystöiden suoritusjärjestys)
9. Mahdollisuudet säädellä perustamistasoa

Rakenneratkaisun valinta voidaan suorittaa ottamalla huomioon kukin näistä tekijöistä sekä laskennalliset-, rakennus-, kunnossapitoteknilliset ja muut olennaiset näkökohdat.

2.3 Kuormitukset

Kuormitukset määrätään PTL:n kuormitusmääräysten ja niihin liittyvien kansallisten erikoismääräysten mukaan.

Penkereen liikennekuormaksi voidaan otaksua, mikäli ei vaadita tarkempia kuormitusotaksunia, tasaisesti jakautunut pintakuorma 15 kN/m^2 . Tällöin on otettava huomioon sillan siipimuurien mitoituksessa myös keskitettyjen kuormien (pyöräkuormien) vaikutus.

2.4 Muodonmuutokset

Päätytuen rakenteen valinnassa on yleensä vältettävä sellaista ratkaisua, jossa tukien painumaero on rakenteen mitoituksen kannalta määräävä.

Ajomukavuuden kannalta ei moottoritiellä saisi syntyä suurempia tien pituuskaltevuuden poikkeamia kuin 3 o/oo. Alemman luokan teillä voidaan em. raja-arvon katsoa olevan välillä 3 o/oo...10 o/oo.

Tien poikkisuunnassa voidaan yleensä sallia jonkin verran suurempia kaltevuudenmuutoksia. Suoralla tiellä on veden poisjohtaminen yksinään määräävä tekijä, kun taas kaarteissa voivat tien poikkikaltevuuden muutokset pienentää ajoturvallisuutta. Tästä syystä voidaan yleensä katsoa kohtuulliseksi asettaa kalte-

vuuspoikkeamalle tien poikkisuunnassa sama maksimi-arvo kuin tien pituussuunnassakin.

2.5 Penkereen rakentamista koskevat yleiset vaatimukset

Suunnitteluvaiheessa on yleensä oltava käytettävissä riittävät tiedot pengermateriaalin lujuusparametreista (kitkakulma ja leikkauslujuus) sekä muodonmuutosparametreista (kokoonpuristuvuusmoduli ja kokoonpuristuvuusindeksi tai kimmomoduli).

Penger voidaan tehdä seuraavista materiaaleista:

1. Murske tai murskesora
2. Suhteistunut hiekka tai sora
3. Lajittunut hiekka
4. Koheesiomaa (moreenisavi)

Kuvassa 5 on esitetty hyvin tiivistettyjen pengermateriaalien lujuus- ja muodonmuutosparametrit. Ne ovat yleensä erittäin suuressa määrin riippuvaisia materiaalin tiiviyydestä.

Penkereen rakentamiselle asetetut vaatimukset varmistavat sen, että penger saa ne ominaisuudet, joita suunnitelma edellyttää. Vaatimusten tulee täten koskea sekä materiaalin rakeisuutta että penkereen tiivistämistä, mm. kastelua tiivistämisvaiheessa. Rakeisuutta koskevat vaatimukset voidaan määrittää kahdella rakeisuuskäyrällä tai yhdellä keskiarvokäyrällä, jolloin on ilmoitettava myös sallittu hajonta. Vaatimukset tulee luonnollisesti asettaa kyseessä olevan tieosan palvelutasovaatimuksia vastaaviksi.

Penkereen tiiviysvaatimukset esitetään materiaalista ja kansallisesta käytännöstä riippuen prosentteina normaaliproctor (SP)-tiiviyydestä, prosentteina parannetusta proctor (MP)-tiiviyydestä tai vaatimuksina levykuormituskokeen E_1 ja E_2 arvoille. Ohjeellisesti

voidaan esittää, että levykuormituskokeen käyttö so-
veltuu hyvin materiaalien 1, 2 ja 3 sekä proctorko-
keen käyttö materiaalien 3 ja 4 yhteydessä.

Vaadittu proctor-tiiviys, SP-arvo, tulee saavuttaa
vähintään 90-prosentissa tutkitusta maa-aineksesta.
Todennäköisyys sille, että joku yksittäistulos ei
täytä vaatimusta, saa olla enintään 25 %. Tiiviys-
vaatimus voidaan katsoa täytetyksi, jos seuraava epä-
yhtälö on voimassa:

$$g \geq K + k \cdot s,$$

jossa g on mitattujen arvojen keskiarvo

K on tiiviysvaatimus

Keskihajonta s lasketaan kaavasta:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - g)^2}{n - 1}$$

x on yksittäinen mittaustulos

n on mitattujen arvojen lukumäärä

Kerroin k saadaan seuraavasta taulukosta:

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	-	-	2,50	2,14	1,96	1,86	1,79	1,74	1,70
10	1,67	1,64	1,62	1,61	1,59	1,58	1,56	1,55	1,54	1,54

Levykuormituskokeet suoritetaan käyttäen teräslevyä,
jonka halkaisija on vähintään ϕ 300 mm. Levyä kuor-
mitetaan asteittain kasvavalla kuormalla 80 kN asti.
E-arvot määrätään seuraavan kaavan avulla:

$$E = 1,5 \frac{a \cdot p}{s}$$

jossa a on levyn säde

s on levyn painuma kuormituksella p

Koetulosten perusteella piirretään kuormapainumakäyrä.

E-arvo lasketaan tavallisesti suurimman kuorman aiheuttamasta painumasta. Ensimmäisestä kuormitussarjasta laskettua kantavuusarvoa merkitään E_1 :llä ja toisesta laskettua arvoa E_2 :lla. Mikäli pengermateriaali sisältää runsaasti suuria kiviä, on kokeessa käytettävä suurempaa levyä. Koska E-arvo on riippuvainen vesipitoisuudesta, tulee ilmoittaa myös materiaalin vastaava vesipitoisuus.

Levykuormituskokeiden tuloksia on käsiteltävä ti-
lastomatematisesti periaatteessa samoin kuin pro-
ctor-kokeiden tuloksia. Työn alkaessa määritetään koe-
tulosten perusteella tarvittava jyräskertojen määrä.
Levykuormituskoetta voidaan käyttää myös tiiviyden
jatkuvaan tarkkailuun.

Levykuormituskokeen suorittamista on käsitelty yksi-
tyiskohtaisemmin Suomen liitteessä. Siellä on myös
annettu vaatimuksia eri pengermateriaalien E-arvoille.

3. PENKEREEN VARAAN PERUSTETTU PÄÄTYTUKI

3.1 Rakenne ja laatuvaatimukset

Päätytuen muodostaa välittömästi päällysrakenteen alle tehty yksinkertainen perustus, katso kuva 1. Päätytuki, joka periaatteessa voidaan perustaa, minkä tahansa hyvin tehdyn penkereen varaan, on kuvassa esitetty perustettavaksi soratäytölle. Sen on jaettava ja välitettävä pohjarasitukset alaspäin penkereen alla olevalle pohjamaalle. Soratäytön korkeus ja leveys ovat riippuvaisia mm. pohjamaan geoteknillisistä ominaisuuksista sekä sallittavista painumista. Sen etuluiska ei saa olla jyrkempi kuin 1:1,5. Soratäyttöön käytettävän materiaalin on oltava puhdasta, suhteistunutta soraa, joka ei saa sisältää savi- tai silttipaakkuja. Orgaanista ainesta ei saa olla enempää, kuin mikä vastaa 1% hehkutusmäärää (kalkkipitoisuuden suhteen redusoituna).

Tiiveyden K on oltava vähintään 94 % SP, vastaten keskimääräistä tiiveyttä 100 % SP, kun keskihajonta $s = 3$ % (vrt. kohta 2.5).

Sen lisäksi mitä kohdassa 2.5 on esitetty pengerma-
ateriaalin osalta yleensä, tulee se, sekä myös pohjamaan pintaosa tiivistää siten, että tiiveys K on vähintään 94 % SP.

3.2 Vakavuus- ja kantavuustarkastelu

Kokonaisvakavuuden tarkastelu suoritetaan logaritmiten spiraalien tai ympyrän muotoisten liukupintojen tai mahdollisesti näiden yhdistelmien (kerroksellisessa maassa) avulla.

Anturan kantavuustarkastelun osalta viitataan julkaisuun: Brinch Hansen, DGI-bulletin no 28, 1970 ja kunkin maan liitteeseen, missä on yksityiskohtaisemmin selostettu kantavuustarkastelun suorittamista.

3.3 Painumatarkastelu

Päätytuen painumatarkastelu - joka suoritetaan ensisijaisesti pääty- ja keskituen painumaeron määrittämiseksi - tulee suorittaa sekä penkereen että pohjaan osalta. Lisäksi on suoritettava - jotta voitaisiin arvostella tien pituuskaltevuudenmuutosta - myös penkereen painumatarkastelu välittömästi päätytuen takana olevalla tieosalla.

Pengertäytteen ollessa kitkamaata voidaan painuman katsoa muodostuvan seuraavista kolmesta osatekijästä

δ_o^g = pysyvä muodonmuutos omasta painosta (voidaan laskea alustalukumenetelmällä)

δ_o^p = liikennekuormasta aiheutuva kimmainen muodonmuutos

δ_h^p = liikennekuormasta aiheutuva pysyvä muodonmuutos, joka on riippuvainen kuormituskertojen lukumäärästä

Painumien laskentamenetelmät on esitetty kansallisissa liitteissä.

4. PENKEREEN YLÄOSAAN ULOTTUVIEN PAALUJEN VARAAN PERUSTETTU PÄÄTYTUKI (PAALUTUKI)

4.1 Rakenne, toiminta ja laatuvaatimukset

Sillan päällysrakenne tukeutuu suoraan paaluihin tai paaluille perustettuun laakeripalkkiin, katso kuvat 2 ja 3. Paaluperustus voidaan suunnitella olosuhteista riippuen eri tavoin, mutta kuitenkin siten, että se siirtää päällysrakenteelta tulevat tukireaktiot kantavaan pohjaan. Mikäli päätytuen paalut ovat pystysuoria, siirtyvät sillan vaakavoimat penkereeseen ja sen alla olevaan pohjamaahan paalujen taipuessa. Tällainen ratkaisu asettaa tietyt vaatimukset penkereen kyvyille ottaa vastaan vaakavoimia. Vaakavoimista johtuvat sivusiirtymät eivät saa myöskään olla liian suuret.

Kaikkia kohdassa 2.5 mainittuja pengermateriaaleja voidaan käyttää, mutta kuitenkin siten, että paalutus voidaan suorittaa penkereen läpi. Tiivistysvaatimus K on asetettava ottaen huomioon päätytuen sallitut vaakaliikkeet. Jollei tarkempia vaatimuksia aseteta, on päätypenkereen tiiviyn vastattava muun penkereen tiiviyyttä.

4.2 Kantavuustarkastelu

Lyöntipaalujen pystysuora kantavuus määrätään tavanomaisella tavalla. Suuriläpimittaisten kaivinpaalujen ja porattujen paalujen kärkekantavuuden määrittämiseen - lukuunottamatta kalliolle perustettuja suurpaaluja - liittyy vielä melkoinen määrä epävarmuustekijöitä, joten kantavuuden määrittäminen olisi suoritettava koekuormituksen avulla aina silloin, kun se on mahdollista.

Kantavuustarkastelussa käytettävien menetelmien osalta viitataan kansallisiin liitteisiin.

4.3 Vaakasuorien siirtymien laskeminen

Päätytukea kuormittavat vaakakuormat ja mahdolliset päällysrakenteen vaakasuorat siirtymät kuormittavat sillan päähän tukeutuvaa pengertä ja taivuttavat maahan kiinnittyneitä paaluja (katso kuva 3).

Paalujen sivusiirtymiä laskettaessa on otettava huomioon kutistuminen, hiipuminen, kimmoiset ja plastiset muodonmuutokset sekä lämpötilaerot.

Vaakasuorien siirtymien laskemisessa käytettävät menetelmät on esitetty kansallisissa liitteissä.

5. POHJAMAAN VARAAN PERUSTETTU PÄÄTYTUKI (PILARITUKI)

5.1 Rakenne ja sen toiminta

Päätytuki suunnitellaan siten, että päällysrakenne tukeutuu joko suoraan pilareihin tai laakeripalkkiin, joka edelleen tukeutuu 2-4 pilariin. Pilarit perustetaan yleensä yhtenäiselle maanvaraiselle anturalle.

Tämä päätytukityyppi edellyttää kantavaa maapohjaa kohtuullisessa syvyydessä maanpinnasta, jottei antura, joka saa pääasiassa pystyrasituksia, tule liian leveäksi sillan pituussuunnassa. Vaakasuorat kuormat siirtyvät penkereeseen päätytuen pilareiden taipuessa sekä myöskin anturan välityksellä.

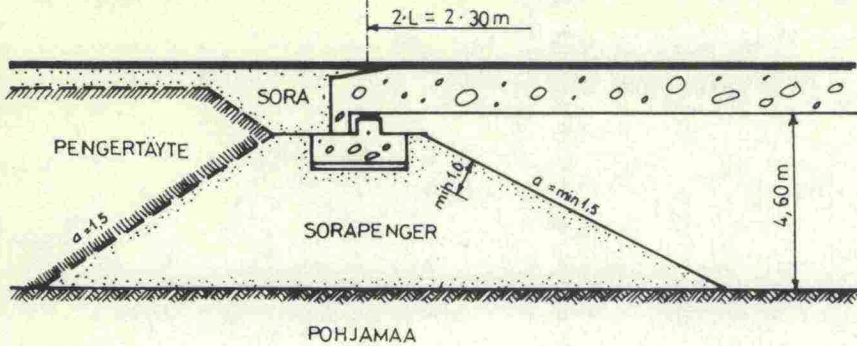
Sillan jarrukuormien siirtäminen maahan ja mahdollisten laakerien suunnittelu ovat riippuvaisia pengertäytteen ja pohjamaan laadusta sekä kiinteiden laakereiden sijainnista. Mikäli kantavaa pohjamaata on myös välituilla kohtuullisessa syvyydessä, voidaan kiinteät laakerit sijoittaa välituille ja liikkuvat laakerit päätytuille. Tällöin ovat penkereelle asetettavat laatuvaatimukset pienemmät.

5.2 Vaakasiirtymien laskeminen ja kantavuustarkastelu

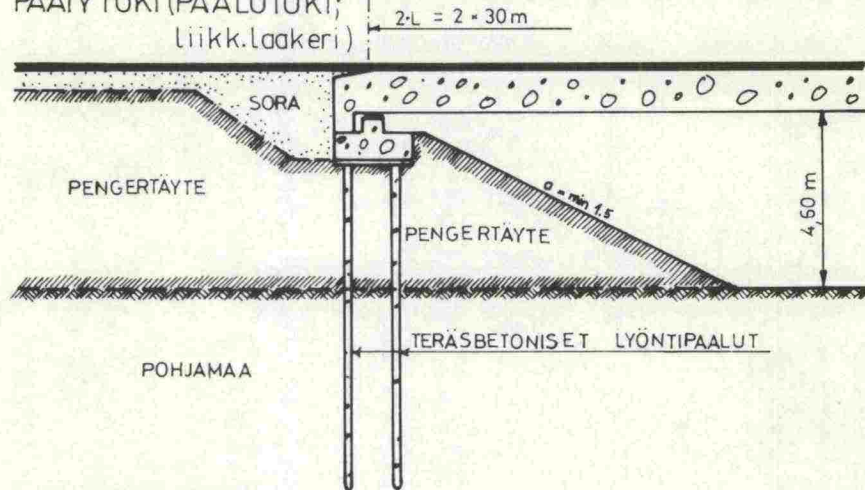
Päätytuen pilareihin kohdistuvat vaakakuormat ja päällysrakenteen vaakasuorat liikkeet aiheuttavat pilareihin kohdistuvia maanpaineita, jotka taivuttavat niitä ja saattavat aiheuttaa myös anturoiden kiertymistä.

Anturoiden vakavuus- ja kantavuustarkastelu suoritetaan tavanomaisia menetelmiä käyttäen. Tarkasteltaessa pystysuoraa kantavuutta voidaan yleensä olettaa, että antura on keskeisesti kuormitettu.

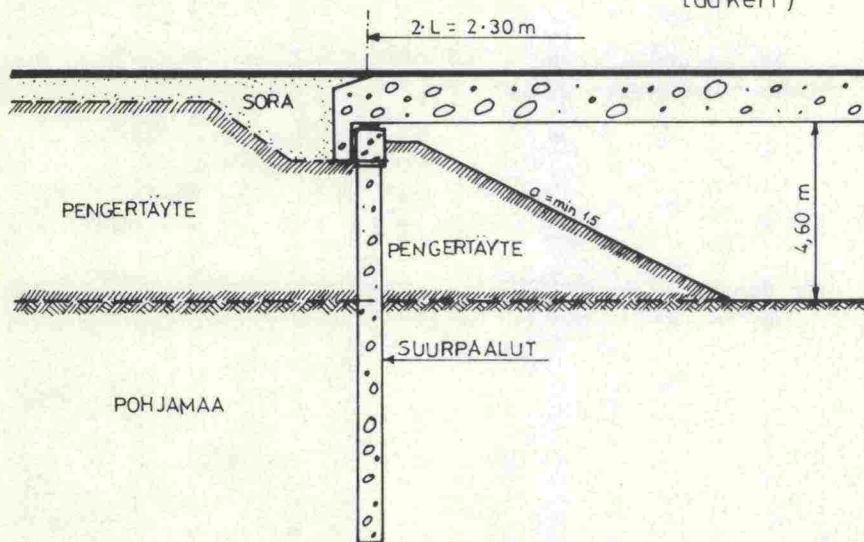
Vaakasiirtymien laskemisessa ja kantavuustarkastelussa käytettävät laskentamenetelmät on esitetty kansallisissa liitteissä.



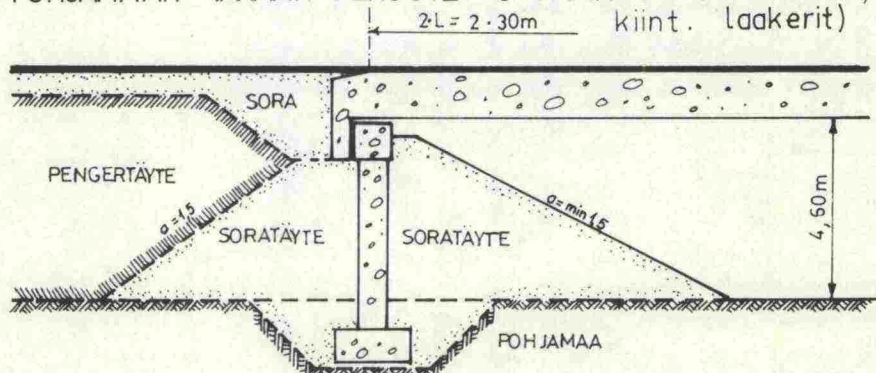
KUVA 2
PENKEREEN YLÄOSAAN ULOTTUVIEN PAALUJEN VARAAN PERUSTETTU PÄÄTYTUKI (PAALUTUKI; liikk. laakeri)



KUVA 3
SUURPAALUJEN VARAAN TUETTU PÄÄTYTUKI (PAALUTUKI; kiint. tai liikk. laakeri)



KUVA 4
POHJAMAAN VARAAN PERUSTETTU PÄÄTYTUKI (PILARITUKI; liikk. tai kiint. laakerit)



Materiaali	Keskilä- pimitta d_{50} mm	Raekoko- suhde $d_{60}:d_{10}$	Tiiveys- vaatimus %SP	Optimi- vesipi- toisuus %	Kokoonpu- ristuvuus- moduli k MN/m ²	Alusta- luku k _s MN/m ³	E-moduli E _m MN/m ²
1. Murske Murskesora	4-35	8-100	—	—	—	—	> 300
2. Suhteistunut hiekkä tai sora	1-20	8-100	94	10-12	—	> 50	> 100
3. Lajittunut hiekkä	0,2-2	2,5	94	10-14	—	~ 40	~ 50
4. Koheesiomaa (moreenisavi)			94	8-12	5-10	—	> 10

KUVA 5: PENGERMATERIAALIN LUJUUS- JA MUODONMUUTOSPARAMETRIT